Alpine Entomology 7 2023, 57–62 | DOI 10.3897/alpento.7.102534

PENSOFT

Alpine Entomology

Laufkäfer und ihre Habitatpräferenzen entlang eines Höhentransekts von 2100 bis 2500 m ü. M. oberhalb der Alp Flix in den Schweizer Alpen (Coleoptera, Carabidae)

Ground beetles and their habitat preferences along a high altitude transect from 2100 to 2500 m a.s.l. in the Swiss Alps (Coleoptera, Carabidae)

Marie Lüdeke[1,2], Christoph Germann[3], Matthias Jentzsch[2]

1 *Technische Universität Dresden, Institut für Hydrobiologie, D-01217, Dresden, Germany*

2 *Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie, D-01326, Dresden, Germany*

3 *Abteilung Biowissenschaften, Naturhistorisches Museum Basel, Augustinergasse 2, CH-4051, Basel, Switzerland*

https://zoobank.org/411587A3-145E-41D3-A436-867475EAF0C9

Corresponding authors: Marie Lüdeke (anna_marie.luedeke@mailbox.tu-dresden.de); Christoph Germann (christoph.germann@bs.ch)

Academic editor: Charles Huber ♦ **Received** 22 February 2023 ♦ **Accepted** 31 May 2023 ♦ **Published** 16 June 2023

Zusammenfassung

Während einer Saison im Jahr 2020 wurden in den östlichen Zentralalpen der Schweiz im Gebiet Sur, Alp Flix, bodenlebende Makroarthropoden mittels Barberfallen erfasst. Hauptziel war es, entlang eines ausgewählten Höhentransekts von 2100 bis 2500 m ü. M. die vorhandene Biodiversität zu erfassen. Entlang des Bergbaches Ava dallas Tigias wurden von Juni – November 2020 an sieben Standorten je drei Barberfallen aufgestellt und durchgehend betrieben. Vorliegend werden die Carabidae vorgestellt. Durch Berechnungen von Ähnlichkeitindices wurden deren Habitate innerhalb des untersuchten Höhentransekts abgegrenzt. Es konnten 393 Laufkäferindividuen aus 21 Arten erfasst und bestimmt werden. Sieben Arten wurden erstmals für die Alp Flix nachgewiesen. Davon sind die seltene *Amara nigricornis* und *Leistus montanus rhaeticus* besonders hervorzuheben. Aus den Berechnungen konnten drei Habitate der Laufkäfer im Transekt unterschieden werden: subalpines Grünerlengebüsch mit halbschattiger und mäßig feucht-frischer Ausprägung; alpines Habitat mit starker Krautschicht und frischer bis trockener Ausprägung und ein kurzrasiger hochalpiner Lebensraum mit xerothermer Ausprägung.

Abstract

During one season in the year 2020 terrestrian Arthropods were collected using barber traps in the eastern Central Alps in Switzerland in the area Sur, Alp Flix. The main goal was the monitoring of the biodiversity along a vertical transect from 2100 to 2500 m a.s.l. Along the rivulet Ava dallas Tigias at seven localities each three barber traps were kept open from June 2020 till November 2020. Here the caught Carabidae are presented and using similarity- and dominance indices, the respective habitats are differentiated from each other along the vertical transect. 393 Carabid beetles out of 21 species were found and determined. Seven species are recorded for the first time from Alp Flix. Among them the rarely found *Amara nigricornis* and *Leistus montanus rhaeticus.* Based on the calculations, three habitats could be differentiated: subalpine green alder bush habitat with half shaded and moderately humid characteristics; alpine habitat with dense herb cover and more or less humid characteristics, and a short grassy high alpine habitat with a xero-thermophilous characteristics.

Key Words

Swiss Alps, ecology, alpine habitats, Carabidae, dominance indices, similarity indices

Copyright *Marie Lüdeke et al.* This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

Einleitung

Eine der vielfältigsten und artenreichsten Ordnungen im Tierreich stellen die Coleoptera dar. Trotz des hohen Wissenstands zur Ökologie und Verbreitung vieler Arten in Mitteleuropa scheint die Erforschung der Käferfauna gerade in schwer zugänglichen Lebensräumen wie dem Hochgebirge noch unzureichend (Germann et al. 2014). Dieses Wissen um das Vorkommen von Zönosen in verschiedensten Hochgebirgen wie den Schweizer Alpen ist aber entscheidend, um dieses empfindliche Ökosystem zu verstehen und deren Entwicklung verfolgen zu können. Um eine Vergleichsgrundlage zu schaffen, wurde im Jahre 2020 anlässlich des 20-jährigen Jubiläums der Stiftung ‹‹Schatzinsel Alp Flix›› im Gebiet Oberhalbstein (Graubünden, Schweiz) ein Projekt zur Erforschung der Biodiversität initiiert und durch das Naturhistorische Museum Basel betreut. Ziel des Projektes war die Erfassung der bodenlebenden Makroarthropoden in den noch unerforschten subalpinen und alpinen Höhenlagen sowie die Untersuchung ökologischer Aspekte wie der Biozönose (vgl. Hänggi et al. 2022). Für den Vergleich der Faunenähnlichkeit zweier oder mehrerer Standorte bedarf es eines einheitlichen Masses, um Ähnlichkeiten der Zönosen anhand von Zahlenwerten zu beschreiben. Eine Möglichkeit, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Tierbeständen festzustellen, bietet die Ermittlung der Art- und Dominanzidentitäten. Im Allgemeinen weisen hohe Ähnlichkeitsindices große Übereinstimmungen der verglichenen Käferfaunen auf. Daraus lassen sich ähnliche ökologische Standortbedingungen ableiten, die zu einem Habitat zusammengefasst werden können (Zandler 2012). Als Vergleichsgruppe wurden die Carabidae herangezogen. Zum einen sind die Laufkäfer als Bioindikatoren gut etabliert und vergleichsweise einfach mit Barberfallen zu fangen (Thiele and Weiss 1976; Spang 1999). Zum anderen gibt es bereits einen sehr guten taxonomischen und ökologischen Wissensstand betreffend den jeweiligen Artansprüchen (Marggi 1992; Luka et al. 2009; Trautner 2017). In der hier vorliegenden Arbeit soll, basierend auf einer vom Naturhistorischen Museum Basel initiierten und begleiteten Bachelorarbeit der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (Lüdeke 2022), die Carabidenfauna der Alp Flix ab 2100 m ü. M. inventarisiert und deren Habitate mit Hilfe von Ähnlichkeitsindices abgegrenzt werden.

Material und Methoden

Das Untersuchungsgebiet liegt in den östlichen Zentralalpen im Gebiet ‹‹Sur – Alp Flix›› (Oberhalbstein, Graubünden, Schweiz) am Julierpass. Die Alp Flix ist auf einem Hochplateau auf rund 1950 m ü. M. gelegen und befindet sich mitten im größten Naturpark der Schweiz, dem Parc Ela. Der in dieser Arbeit untersuchte Höhentransekt wurde so gewählt, dass er das Gebiet oberhalb der Alp abdeckte. Er schließt sich in östliche Richtung ab 2067 m ü. M. oberhalb an und führt entlang des Bergbaches Ava dallas Tigias. Er endet auf 2498 m ü. M. unterhalb der Gipfelkette zwischen Piz d´Err (3378 m ü. M.) und Piz d´Agnel (3205 m ü. M.). Unterhalb und auf Höhe der Alp Flix fanden bereits mehrfach Untersuchungen statt (Wildermuth and Knapp 1998; Hänggi and Müller 2001; Burckhardt et al. 2007; Müller and Briner 2007; De Rond 2007; Germann et al. 2022). Da die Erfassung der Biodiversität im Vordergrund stand, wurde versucht, möglichst alle Habitate im untersuchten Transekt zu erfassen. Die Abgrenzung der Habitate erfolgte durch Ermittlung der verschiedenen pflanzensoziologischen Lebensraumtypen nach Delarze et al. (2015). Eine eineindeutige Zuordnung der Lebensraumtypen war nicht möglich. Eine kurze Beschreibung der Standorte mit dem jeweiligen Lebensraumtyp ist Table 1 zu entnehmen. Die vollständige Liste aller Funde nach Fallen und Datum ist als Suppl. material 1 hinterlegt.

Im Zeitraum vom 20.06.2020 bis 11.11.2020 wurden mittels Barberfallen eine volle Vegetationsperiode lang gefangen. Die Leerungen erfolgten in zweiwöchigem Rhythmus. Im Oktober wurde wegen anhaltender Schneefälle keine Leerung vorgenommen. Pro Standort (Table 1) wurden drei Barberfallen gesetzt. Eine Falle bestand aus einem weißen Plastikbecher (7 cm Durchmesser und Höhe), welcher ebenerdig in den Boden eingelassen wurde, einem Drahtgeflecht und einem transparenten Plexiglasdach. Als Fanglösung kam eine vierprozentige Formalinlösung mit Detergenzien zum Einsatz. Der Fang wurde in 70%igem Ethanol konserviert. Anschließend wurden die Tiere präpariert. Dafür wurden die Tiere zunächst mit Kirschlorbeerblättern (*Prunus laurocerasus*), nach Wechsler et al. (2001), aufgeweicht. Genitalpräparate wurden von *Bembidion glaciale* (Heer, 1837), *Pterostichus unctulatus* (Duftschmid, 1812), *Trichotichnus laevicollis* (Duftschmid, 1812) sowie allen Arten der Gattung *Amara* angefertigt. Die Carabidae wurden mittels „Die

Table 1. Charakterisierung der Fangstandorte entlang des Höhentransekts oberhalb der Alp Flix.

Standort	Lebensraumtyp nach Delarze et al. (2016)	m ü. M.	Exp.	Neigung
STO 1	Grünerlengebüsch (Alnenion viridis)	2067	W/NW	mässig
STO 2	feuchter Krautsaum höherer Lagen (Petasition officinalis)	2146	W	mässig
STO 3	mesophile subalpine Zwergstrauchheide (Rhododendro-Vaccinion)	2241	WSW	mässig
STO 4	mesophile subalpine Zwergstrauchheide (Rhododendro-Vaccinion)	2310	WSW	steil
STO 5	Krummseggenrasen (Caricion curvulae)/ Windheide (Loiseleurio-Vaccinion)	2375	WSW	flach/stufig
STO 6	Krummseggenrasen (Caricion curvulae) mit Nacktriedrasen (Elynion)	2432	–	flach
STO 7	trockenwarme Silikatschuttflur (Galeopsion segetum)	2498	WNW	steil

Käfer Mitteleuropas“ von Freude et al. (2004) bestimmt und die Belegtiere sind am Naturhistorischen Museum Basel hinterlegt. Die Verbreitung der Laufkäferarten der Schweiz wurden mittels des Kartenservers des Info Fauna – Schweizerisches Zentrum für die Kartographie der Fauna (Info Fauna 2021) überprüft. Die Nomenklatur richtet sich nach Freude et al. (2004). Als Referenz der bereits im Gebiet der Alp Flix angetroffenen Arten diente eine Artenliste, die im Rahmen des „GEO-Tages 2000“ zur Erfassung der Biodiversität auf der Alp Flix in der Zeitschrift GEO (2000) erschien und den Beiträgen von Hänggi and Müller (2001).

Ähnlichkeitsindices

Als Grundannahme wird jeder Standort (Table 1) als Habitat mit eigenem Artinventar betrachtet und mit allen anderen Standorten im Höhentransekt verglichen. Für den Vergleich von Faunenähnlichkeiten wurde die Artidentität nach Sørensen (1948) und Jaccard (1901, 1902) sowie die Dominanzidentität nach Renkonen (1938) berechnet. Ebenfalls wurde der Wainstein-Index (Mühlenberg 1993) ermittelt. Die Einordnung der Werte in niedrige oder hohe Übereinstimmungen der Käferfaunen richtet sich nach Schuster (2003). Durch die Multiplikation zweier Prozentwerte ist der Wainstein-Index deutlich niedriger als der Dominanzidentitätswert oder des Gemeinschaftskoeffizienten und muss separat betrachtet werden.

Resultate

Während der Fangsaison 2020 wurden oberhalb der Alp Flix insgesamt 393 Carabidae (Table 2) gefangen. Diese können 21 Arten aus 9 Gattungen zugeordnet werden. Die Art *Pterostichus multipunctatus* war mit insgesamt 108 Individuen am häufigsten in den Fallen gefangen. Am seltensten vertreten waren die Arten *Amara equestris*, *Amara lunicollis*, *Amara nigricornis* (Fig. 1), *Harpalus solitaris* und *Leistus montanus rhaeticus* (Fig. 2). Im Fangzeitraum 2020 oberhalb der Alp Flix wurden sie jeweils in nur einem Individuum nachgewiesen. Von den insgesamt 21 Arten konnten 7 Arten (Table 2) neu für die Alp Flix nachgewiesen werden. Es handelt sich um die Arten *Amara lunicollis*, *Amara nigricornis*, *Calathus micropterus*, *Cymindis vaporariorum*, *Leistus nitidus*, *Leistus montanus rhaeticus* und *Trichotichnus laevicollis*. Zwei der neu gefundenen Arten, *Amara nigricornis* (Fig. 1) und *Leistus montanus rhaeticus* (Fig. 2) werden in der Schweiz als sehr selten eingestuft.

Der Vergleich der Laufkäferfaunen aller Standorte ergibt, dass manche Habitate (Tables 1, 3) eine hohe Übereinstimmung zeigen, wie die Standorte 2 und 4, die Standort 2 und 5, die Standort 3 und 4 oder die Standorte 6 und 7. Andere Standorte zeigen hingegeben kaum oder überhaupt keine Übereinstimmung der Laufkäferfaunen, beispielsweise die Standorte 1 und 7, die Standorte 3 und 7 oder die Standorte 4 und 6 und die Standorte 4 und 7.

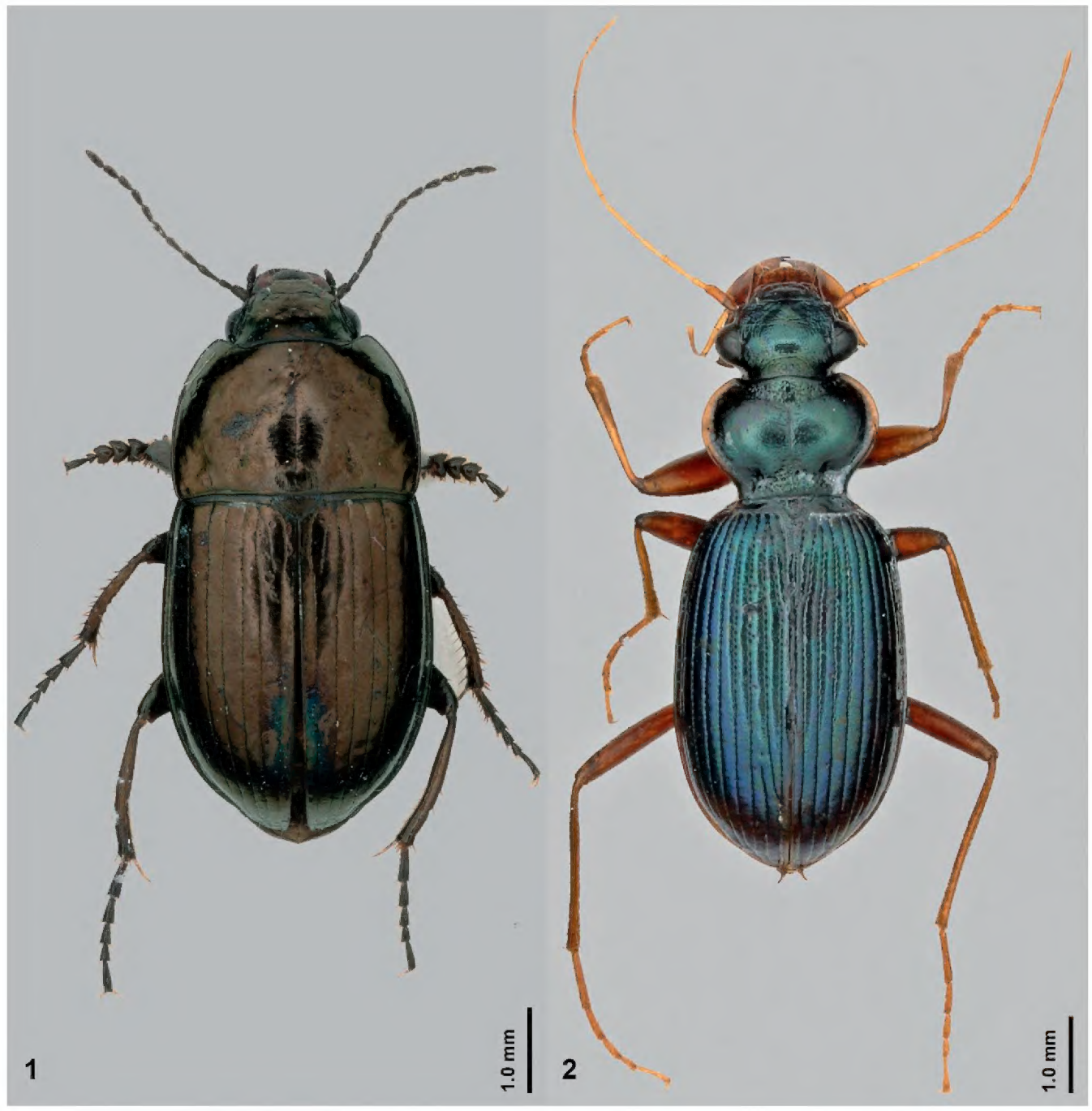
Diskussion

Aus der Berechnung der Ähnlichkeitsindices der Laufkäferfaunen können 3 Gruppen von Habitaten im untersuchten Höhentransekt unterschieden werden:

1. **Subalpines Habitat** des Standortes 1: halbschattiges Grünerlengebüsch mit mäßig feucht-frischer Ausprägung und hoher Deckung der Strauchschicht und Krautschicht auf 2067 m ü. M.
2. **Alpines Habitat** der Standorte 2, 3 und 4: ohne Strauchschicht aber stark ausgeprägter Krautschicht, mäßig feucht-frische bis trockene Standorte, die sonnenexponiert sind, dabei aber halbschattige Plätze aufweisen, zwischen 2146 m ü. M. bis 2375 m ü. M.
3. **Hochalpines Habitat** der Standorte 5, 6 und 7: ohne Strauchschicht und kurzrasiger oder schwacher Krautschicht xerothermer Standorte durch volle Sonnenexposition über 2432 m ü. M.

Diese Einteilung lässt sich weitestgehend anhand der Ökologie der einzelnen Laufkäferarten (Marggi 1992; Freude et al. 2004; Trautner 2017) erklären: *Leistus nitidus* kommt im subalpinen Habitat 1 (Table 2) vor. Diese Art ist montan bis alpin in den Alpen verbreitet, zeigt allerdings eine Präferenz für die subalpine Stufe zwischen 1000–2500 m a.s.l. (Marggi 1992). Die Arten *Notiophilus aquaticus* und *Calathus micropterus* (Table 2) fanden sich schwerpunktmäßig im alpinen Habitat 2. Beide Arten sind ausschließlich montan bis alpin verbreitet (Marggi 1992). Allerdings kann *Notiophilus aquaticus* vereinzelt bis 3000 m ü. M. aufsteigen. *N. aquaticus* und *C. micropterus* finden im alpinen Habitat 2 ideale Lebensbedingungen (Freude et al. 2004; Marggi 1992), könnten aber bis in das hochalpine Habitat 3 aufsteigen, was sie hier nicht taten. Daher wird die Vermutung von Hänggi et al. (2022), dass der Einfluss der Höhenlage durch die Ökologie der einzelnen Lebensraumtypen in Untersuchungstransekt oberhalb der Alp Flix überprägt sein könnte, geteilt. Dahingegen kommt *Amara erratica* vorrangig im hochalpinen Habitat 3 der Standorte 6 und 7 vor. *A. erratica* steigt subalpin bis alpin in den Alpen auf, kann aber bis 3000 m ü. M. vorkommen (Marggi 1992) und wird daher als Vertreter des hochalpinen Habitats betrachtet.

Von den insgesamt 21 festgestellten Laufkäferarten im Untersuchungszeitraum konnten sieben Arten (33,33%) neu für die Alp Flix nachgewiesen werden. Dieser hohe Anteil zeigt auf, dass die Kenntnisse über die Carabidaenfauna in den Alpen und besonders der Alp Flix noch bei Weitem nicht vollständig sind. Zum Vergleich konnten in der Untersuchung 2000 zum „GEO-Tag der Artenvielfalt“ (Hänggi and Müller 2001) insgesamt 33 Laufkäferarten



Figures 1, 2. 1. *Amara nigricornis* Alp Flix, 2241 m ü. M. **2.** *Leistus montanus rhaeticus* Alp Flix, 2498 m ü. M. Beide Arten werden in der Schweiz nur sehr selten gefunden (Fotos: C. Germann).

bestimmt werden. Dass oberhalb der Alp Flix 2020 12 Arten weniger als 2000 gefunden wurden, scheint eher an der Methodik zu liegen. Im Jahr 2000 wurden auf der Alp Flix gezielte Handfänge von mehreren Experten vorgenommen. In weiteren Arbeiten am Albulapass aus dem Jahr 2008 (Schmid and Müller 2010) und auf dem Furkapass aus dem Jahr 2012 (Germann et al. 2014) wurden in der subalpinen bis alpinen Stufe ebenfalls Artaufnahmen vorgenommen. Abweichend zur hier durchgeführten Arbeit wurde methodisch mittels Handfang, Kescherfang, Klopfschirm, Nachtfang oder Käfersieb gefangen und andere Untersuchungszeiträume gewählt. Die nachgewiesene Artenanzahl am Furkapass ist mit der Zahl der Alp Flix 2020 erfassten Arten vergleichbar. Auf der Alp Flix 2020 wurde nur eine Art mehr nachgewiesen. Ebenfalls vergleichbar ist die Artenanzahl, welche in der Untersuchung 2008 vom Albulapass stammt. Hier wurden drei Arten weniger als auf der Alp Flix 2020 determiniert. Die gefangene Artenanzahl im untersuchten Transekt 2020 scheint für diese Höhenlagen somit durchaus repräsentativ zu sein.

Die im untersuchten Höhentransekt festgestellten sechs pflanzensoziologischen Lebensraumtypen (Table 1) konnten durch die berechneten Ähnlichkeitsindices der Carabidae nicht abgegrenzt werden. Es scheint Unterschiede in der Abgrenzung von Habitaten zwischen der Flora und der Laufkäferfauna zu geben. Die Mehrzahl an pflanzensoziologischen Lebensraumtypen könnte durch das Mosaik unterschiedlicher Böden rund um die Alp Flix (Wildermuth and Knapp 1998) erklärt werden. Interessant wäre eine weiterführende Arbeit im Gebiet, in der geklärt werden könnte, inwieweit Lebensraumtypen mittels Ähnlichkeitsindices der vorhandenen Pflanzenarten abzugrenzen sind.

Das auf der Alp Flix begonnene Monitoring der Biodiversität sollte weiter vorangetrieben werden. Hier wurde eine gute Ausgangslage geschaffen, um die zukünftige Entwicklung der Biodiversität in den Schweizer Alpen zu verfolgen. Die Wissenslücken zur Artenvielfalt müssen aber kontinuierlich weiter geschlossen werden, um den empfindlichen Lebensraum „Hochgebirge“ besser zu verstehen. Nur so lässt sich dieses vielschichtige Ökosystem schützen und auch für zukünftige Generationen bewahren.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde an der Fakultät Landbau/ Umwelt/ Chemie der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden unter Betreuung von Prof. Dr. Matthias Jentzsch geschrieben.

Table 2. In der Fangsaison 2020 nachgewiesene Laufkäferarten der Alp Flix mit Angabe der pro Standort gefangenen Individuen- und Artenzahl. Die Anordnung entspricht ihrer Verteilung über die Höhenstufen im Transekt. Die Gefährdung richtet sich nach Luka et al. (2009); n = nicht gefährdet; R = sehr seltene Art.

Standort		1	2	3	4	5	6	7	Total pro Art	Gefährdung
Art	**neu für Alp Flix**									
***Leistus nitidus* (Duftschmid, 1812)**	x	7						1	**8**	**n**
***Trichotichnus laevicollis* (Duftschmid, 1812)**	x	27	1						**28**	**n**
***Pterostichus unctulatus* (Duftschmid, 1812)**		3		13					**16**	**n**
***Amara nigricornis* (Thomson, 1857)**	x			1					**1**	**R**
***Amara equestris* (Duftschmid, 1812)**				1					**1**	**n**
***Harpalus solitaris* (Dejean, 1829)**				1					**1**	**n**
***Carabus violaceus neesi* (Linnaeus, 1758)**			1	2				1	**4**	**n**
***Carabus sylvestris* (Panzer, 1793)**				2				2	**4**	**n**
***Notiophilus aquaticus* (Linnaeus, 1758)**			1	4	3				**8**	**n**
***Calathus micropterus* (Duftschmid, 1812)**	x	5	1	9	6	2			**23**	**n**
***Calathus melanocephalus* (Linnaeus, 1758)**			7		6	1	4		**18**	**n**
***Amara lunicollis* (Schiødte, 1837)**	x				1				**1**	**n**
***Pterostichus multipunctatus* (Dejean, 1828)**			1	44	45	10	6	2	**108**	**n**
***Amara praetermissa* (C. R. Sahlberg, 1827)**				1			5		**6**	**n**
***Oreonebria castanea* (Bonelli, 1810)**				1		1	9	6	**17**	**n**
***Pterostichus jurinei* (Panzer, 1803)**		6	1	19	5	18	31	1	**81**	**n**
***Amara erratica* (Duftschmid, 1812)**			1			8	48	3	**60**	**n**
***Cymindis vaporariorum* (Linnaeus, 1758)**	x						1	1	**2**	**n**
***Bembidion glaciale* (Heer, 1837)**							1	1	**2**	**n**
***Amara quenseli* (Schönherr, 1806)**							2	1	**3**	**n**
***Leistus montanus rhaeticus* (Herr, 1837)**	x							1	**1**	**R**
Individuenanzahl pro Standort		**48**	**14**	**98**	**66**	**40**	**107**	**20**		
Artenanzahl pro Standort		**5**	**8**	**12**	**6**	**6**	**9**	**11**		

Table 3. Zusammenfassung der Ergebnisse der Artidentität nach Sørensen (1948) und Jaccard (1901, 1902) der Dominanzidentität nach Renkonen (1938) sowie des Wainstein-Index (Mühlenberg 1993); die Interpretationen der Übereinstimmungen der Faunenähnlichkeit/ -unähnlichkeit zwischen den Standorten folgen Schuster (2003).

Überein-stimmung	Standorte der Faunenähnlichkeiten/ -unähnlichkeiten nach			
	Sørensen´s "quotient of similarity" I_A	Jaccard´s Gemeinschaftskoeffizient I_A	Renkonen´s Dominanzidentitätswert I_D	Wainstein-Index KW
hoch (≥ 60%)	2 und 4 2 und 5 4 und 5 5 und 6 6 und 7	–	3 und 4	2 und 4 2 und 5 3 und 4 4 und 5 5 und 6 6 und 7
gering (≤ 20%) **Wainstein-Index (≤ 10%)**	1 und 6	1 und 6 1 und 7 4 und 7	1 und 4 1 und 5 1 und 6 1 und 7 4 und 7 4 und 6	1 und 2 1 und 3 2 und 3 2 und 6 2 und 7 3 und 6 3 und 7 5 und 7
sehr gering (<5%)	–	–	–	1 und 4 1 und 5 1 und 6 1 und 7 4 und 6 4 und 7

Unser Dank gilt der Abteilung Biowissenschaften des Naturhistorischen Museums Basel für die Unterstützung und Ermöglichung des Projektes. Besonderer Dank geht an Herrn Dr. Ambros Hänggi für die Unterstützung und Betreuung und an Herrn Dr. h.c. Werner Marggi für seine Überprüfung der Artbestimmungen. Ebenso gilt unser Dank der Stiftung Schatzinsel Alp Flix. Den Reviewern danken wir herzlich für Ihre hilfreichen Anmerkungen und Korrekturen.

Referenzen

Burckhardt D, Mühlethaler R, Lauterer P, Malenovsky I, Kunz G (2007) Die Blattflöhe und Zikaden der Alp Flix (Insecta, Hemiptera: Psylloidea und Auchenorrhyncha). Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 114: 191–197.

Delarze R, Gonseth Y, Eggenberg S, Vust M (2015) Lebensräume der Schweiz, 3. Auflage. Bern, Ott-Verlag, 456 pp.

De Rond J (2007) Wasp and bee expedition on the Alp Flix. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 114: 107–112.

Freude H, Harde KW, Lohse GA, Klausnitzer B (2004) Adephaga: Carabidae (Laufkäfer). 2. Auflage. In: Müller-Motzfeld G (Hrsg.) Die Käfer Mitteleuropas. Band 2 Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, 521 pp.

Germann C, Geiser M, Luka H, Sprecher E, Schatz I (2014) Käfer (Coleoptera) im Gebiet des Furkapasses, Kantone Uri und Wallis. Entomo Helvetica 8: 29–37.

Germann C, Borer M, Burckhardt D, Charran M, Coray A, Frick H, Klopfstein S, Marques DA, Rendón-Mera D, Spasojevic T, Urfer K, Viertler A, Zürcher I, Hänggi A (2022) Sammel-Exkursion auf die Alp Flix – ein Teambildungsprozess mit Folgen. Jahresberichte Naturforschende Gesellschaft Graubünden 122: 123–134.

GEO (2000) GEO-Tag der Artenvielfalt 2000. Alp Flix – das Ergebnis. Artenliste als Sonderheft zur Auflage in der Schweiz. GEO 9.

Hänggi A, Müller JP (2001) Eine 24-Stunden Aktion zur Erfassung der Biodiversität aus der Alp Flix (Graubünden): Methoden und Resultate. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 110: 5–36.

Hänggi A, Germann C, Lüdeke M, Borer M (2022) Bodenlebende Makroarthropoden oberhalb der Alp Flix – Unterschiede zu den Beständen der Alp Flix. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 122: 75–85.

Info Fauna (2021) Verbreitungskarten. Schweizerisches Zentrum für Kartographie der Fauna. CSCF/ SZKF. [online] https://lepus.unine.ch/carto/ [Stand: 04.08.2021]

Jaccard P (1901) Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 37: 547–579.

Jaccard P (1902) Lois de distribution florale dans la zone alpine. Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles 38: 69–130.

Luka H, Marggi W, Huber C, Nagel P (2009) Coleoptera, Carabidae Ecology-Atlas. In: Centre suisse de cartographie de la faune (CSCF/SZKF) und Schweizerische Entomologische Gesellschaft (SEG/SES) (Hrsg.) Fauna Helvetica 24, CSCF & SEG Neuchâtel, 677 pp.

Lüdeke M (1922) Art- und Dominanzidentitäten von Laufkäfervorkommen eintlang eines ausgewählten Höhentransektes in den Schweizer Hochalpen. Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden. Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie. Dresden: Bachelorarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Bachelor of Science.

Marggi W (1992) Faunistik der Sandlaufkäfer und Laufkäfer der Schweiz (Cicindelidae & Carabidae) Coleoptera unter besondere Berücksichtigung der „Roten Liste". Documentae Faunistica Helvetiae 12/13, Teil 1 /2. – Neuchâtel. 477 pp. [und 243 S.]

Mühlenberg M (1993) Freilandökologie – UTB für Wissenschaft. Uni-Taschenbücher.

Müller J-P, Briner T (2007) Schatzinsel Alp Flix – Übersicht über die Forschung in den Jahren 2000 bis 2007. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 114: 59–63.

Renkonen O (1938) Statistisch-ökologische Untersuchungen über die terrestrische Käferwelt der finnischen Bruchmoore. Societas zoologica-botanica Fennica Vanamo 6(1): 1–231.

Schmid M, Müller JP (2010) Der GEO-Tag der Artenvielfalt 2008 am Albulapass Eine 24-Stunden-Aktion zur Erfassung der Biodiversität: Methoden und Resultate. Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubünden 116: 5–58.

Schuster R (2003) Faunistische und ökologische Untersuchungen an moosbewohnenden Tardigraden. Mathematisch- Naturwissenschaftliche Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Düsseldorf: Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades.

Sørensen T (1948) A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske videnskabernes selskab 5(4): 1–34.

Spang WD (1999) Laufkäfer als Indikatoren hydrologischer Rahmenbedingungen in der Oberrheinaue. Angewandte Carabidologie Supplementum 1: 103–114.

Thiele HU, Weiss HE (1976) Die Carabiden eines Auwaldgebietes als Bioindikatoren für anthropogen bedingte Änderungen des Mikroklimas. Schriftenreihe Vegetationskunde 10: 359–374.

Trautner J (2017) Die Laufkäfer Baden-Württembergs. 2 Bände. Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer, 848 pp.

Wechsler K, Fiebig J, Henche A, Plackinger U, Rauer-Gömann M, Scheidt H (2001) Über das Weichen trockengefallener Alkohol- und Formalinpräparate, Herbarblätter und Tapagewebe. Der Präparator 47(1): 15–31.

Wildermuth H, Knapp E (1998) Die Libellen der Alp Flix (GR); ein Beitrag zur Odonatenfauna an der Waldgrenze. Mitteilung der entomologischen Gesellschaft Basel 48(1): 2–24.

Zandler K (2012) Der Einfluss von Restwasser auf das Makrozoobenthos des Gampadelsbaches. Universität für Bodenkultur Wien. Department für Wasser-Atmosphäre-Umwelt. Institut für Hydrobiologie und Gewässermanagement. Wien: Diplomarbeit zur Erlangung des akademischen Grades Diplomingenieur.

Supplementary material 1

Urtabelle Feldaufnahmen

Authors: Marie Lüdeke

Data type: full samples list (excel document)

Explanation note: Data of all Carabidae species and specimens from all localities is included.

Copyright notice: This dataset is made available under the Open Database License (http://opendatacommons.org/licenses/odbl/1.0/). The Open Database License (ODbL) is a license agreement intended to allow users to freely share, modify, and use this Dataset while maintaining this same freedom for others, provided that the original source and author(s) are credited.

Link: https://doi.org/10.3897/alpento.7.102534.suppl1